

OPTICAL ELEMENT SUPPORTING DEVICE, LENS BARREL AND PROJECTION ALIGNER

Patent Number: JP11231192

Publication date: 1999-08-27

Inventor(s): IKEDA MASATOSHI

Applicant(s): NIKON CORP

Requested Patent: ☐ JP11231192

Application Number: JP19980031682 19980213

Priority Number(s):

IPC Classification: G02B7/02; G02B7/00; G03F7/20; H01L21/027

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical element supporting device and a lens barrel capable of reducing deflection amount in an optical element and easily securing the optical performance of the optical element, and an aligner capable of accurate projection exposure.

SOLUTION: A vertical format lens supporting device 61 is composed of respective movable supporting parts 63a and 63b engaged with the outer peripheral parts of a lens 62 on a lower side and an upper side in a gravity direction and a fixed supporting part 64. The respective supporting parts 63a, 63b and 64 are arranged at equal angle intervals in the circumferential direction of the lens 62. The load of the lens 62 is supported by both supporting parts 63a and 63b, and the tilt of the lens 62 with the supporting parts 63a and 63b as the center of tilt is regulated by the supporting part 64. The rotation of the lens 62 around a Z-axis is regulated by the cooperation of the supporting parts 63a, 63b and 64.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-231192

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
G 0 2 B 7/02		G 0 2 B 7/02
		7/00
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30
		5 1 2

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全 18 頁)

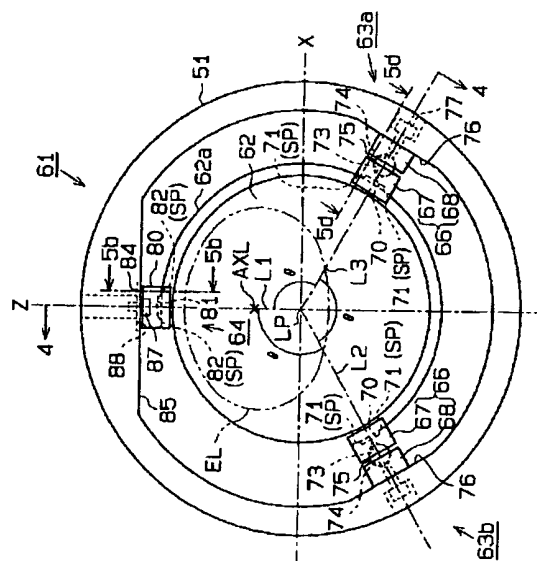
(21) 出願番号	特願平10-31682	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成10年(1998) 2月13日	(72) 発明者	池田 正俊 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(74) 代理人	弁理士 恩田 博宣

(54) 【発明の名称】 光学素子支持装置及び鏡筒並びに投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 光学素子におけるたわみの発生量を低減でき、光学素子の高い光学性能を容易に確保可能な光学素子支持装置及び鏡筒、そして高精度の投影露光が可能な露光装置を提供する。

【解決手段】 縦置きレンズ支持装置61を、それぞれ、レンズ62の重力方向下方側及び上方側の外周部に係合する各可動支持部63a、63bと、固定支持部64とより構成する。各支持部63a、63b、64を、レンズ62の円周方向に等角度間隔をおいて配置する。前記両可動支持部63a、63bで前記レンズ62の荷重を支持すると共に、前記固定支持部64で前記両可動支持部63a、63bを傾動中心とするレンズ62の傾動を規制する。また、各支持部63a、63b、64の協働により、レンズ62のZ軸回りの回転を規制する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光軸が重力方向と交差する方向に延びる光学素子を支持する光学素子支持装置において、少なくとも3ヶ所で前記光学素子の外周部に係合する支持機構を有し、前記支持機構は、光学素子の荷重を支持する荷重支持機能と、前記光学素子の荷重の支持位置を傾動支点とする光学素子の傾動を規制する傾動規制機能と、前記光軸と直交する軸線を中心とする光学素子の回転を規制する回転規制機能とを有する光学素子支持装置。

【請求項2】 前記支持機構は、光学素子の外周部の重力方向下方部に係合する下方支持部と、光学素子の外周部の重力方向上方部に係合する上方支持部とに分かれ、上方支持部と下方支持部との少なくとも一方には前記傾動規制機能を有する傾動規制手段を設けると共に、上方支持部と下方支持部との少なくとも他方には前記荷重支持機能を有する荷重支持手段を設けた請求項1に記載の光学素子支持装置。

【請求項3】 前記上方支持部または下方支持部の少なくとも一方は、第1支持部と、前記第1支持部に対して光学素子の外周方向に所定間隔をおいて配置される第2支持部とを有し、前記第1支持部と第2支持部とは重力方向に沿って延びる軸線に対して対称になるように配置された請求項2に記載の光学素子支持装置。

【請求項4】 前記各支持部は、光学素子の中心と前記各支持部とを結ぶ線分を仮想したときに、隣接する2つの線分のなす中心角の角度がほぼ等間隔をなすように配置された請求項2または3に記載の光学素子支持装置。

【請求項5】 前記下方支持部に前記荷重支持手段を設けた時、前記第1、第2支持部は、前記光学素子を重力方向の上下に2分する水平面内において光軸と直交する軸線と、光学素子の中心と第1、第2支持部の光学素子の荷重に対する光学素子の中心方向への反力の作用点とを結ぶ各線分とのなす角度を θ としたとき、前記各作用点における前記反力の比が $\sin \theta$ をなすように配置された請求項3または4に記載の光学素子支持装置。

【請求項6】 前記中心角は $5^{\circ} \sim 60^{\circ}$ の範囲内である請求項5に記載の光学素子支持装置。

【請求項7】 前記第1、第2支持部には、光学素子の外周部との間に軸受構造が介在されている請求項3～6のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項8】 前記第1、第2支持部の内、少なくとも1つの支持部には、光学素子の外周方向における移動調節可能な調節手段が形成された請求項3～7のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項9】 前記傾動規制機能は、重力の上下方向に自由度を有する弾性部材の弾性力で達成された請求項2～8のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項10】 前記傾動規制機能は、光学素子の光軸に直交すると共に、重力に直交する方向に自由度を有する

弾性部材の弾性力で達成された請求項9に記載の光学素子支持装置。

【請求項11】 前記上方支持部には、光学素子を牽引する牽引手段が設けられた請求項2～10のいずれか一項に記載の光学素子支持装置。

【請求項12】 前記上方支持部は、前記下方支持部の第1支持部及び第2支持部と、光学素子の中心に対してほぼ対称となる位置に配置された第3支持部及び第4支持部を有する請求項11に記載の光学素子支持装置。

【請求項13】 光軸が重力方向と交差する方向に延びる光学素子を、光学素子支持装置を介して内周面に保持する鏡筒において、

前記光学素子支持装置は、前記請求項1～12のいずれか一項に記載の光学素子支持装置より構成された鏡筒。

【請求項14】 鏡筒内に光軸が重力方向と交差する方向に延びる光学素子を有する露光装置において、前記光学素子は、前記請求項1～12のいずれか一項に記載の光学素子支持装置を介して鏡筒内に支持された露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、レンズ、反射鏡等の光学素子を支持するための光学素子支持装置、及び、光学素子を有する鏡筒、さらには半導体素子等を製造するための露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】各種光学機器の光学系を構成するレンズ、反射鏡等の光学素子は、支持装置を介して鏡筒内に支持された状態で使用されることが多い。

【0003】この種の光学素子支持装置としては、例えば次のような枠体を使用するものが従来より知られていた。すなわち、図19及び図20に示すように、枠体151は、円環状の受け枠152と、その受け枠152に螺合可能な円環状の止め輪153とよりなっている。前記受け枠152の開口部154には、大径部154a及び小径部154bが設けられている。それら大径部154aと小径部154bとの境界部分には、レンズ155の周縁に形成されたつば部156の形状に対応する段部157が形成されている。前記大径部154aの内周面はネジ孔158となっており、前記止め輪153の外周面に形成されたネジ部159と螺合可能になっている。そして、受け枠152の段部157にレンズ155のつば部156の一側面を当接させた状態で、止め輪153を前記つば部156の他側面に当接するまで締め込むことにより、レンズ155を枠体151内に挟持するようになっている。これにより、レンズ155のつば部156の一側面と受け枠152の段部157の底面157aとが、また前記つば部156の他側面と止め輪153の先端面153aとが、それぞれ同つば部156のほぼ全周にわたって面接触するようになっている。そして、枠

体151で支持されたレンズ155は、図示しない取付金具を介して各種光学機器の鏡筒内に取り付けられるようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記従来構成では、レンズ155のつば部156の両側面、受け枠152における段部157の底面157a、及び止め輪153の先端面153aを、それぞれ表面うねり等のない完全に均一な平面に加工することは、いかに精密に加工しようともほとんど不可能である。このため、レンズ155が枠体151に挟持された状態では、レンズ155、受け枠152及び止め輪153の表面うねり等に基づく加工公差のかかりの部分がレンズ155に集中するおそれがある。このような、レンズ155における公差集中は、レンズ155のロット毎に異なる予測不能なたわみを生じせしめ、レンズ155の光学性能の低下を招くおそれがあるという問題があった。

【0005】特に、光軸が重力方向と交差するように配置された縦置きレンズでは、前記の公差集中によるたわみだけでなく、レンズの自重による非対称なたわみも加わって、光学性能がさらに低下するおそれがあるという問題があった。

【0006】また、前記光学機器の内で、例えば半導体素子、液晶表示素子、撮像素子(CCD等)、または薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ法により製造するステッパ等の露光装置においては、光学素子の面精度としてミクロンオーダーの精度あるいはさらに高い精度が要求される。そのため、光学素子に前記のような予測不能なたわみが生じていると、露光時のフォーカス制御が非常に難しくなるとともに、各装置毎に面倒な微調整が必要となって煩わしいという問題があった。

【0007】この発明は、このような従来の技術に存在する問題点に着目してなされたものであり、その目的は、光学素子におけるたわみの発生量を低減でき、光学素子の高い光学性能を容易に確保できる光学素子支持装置を提供することにある。また、この発明の別の目的は、光学素子とその光学性能の低下を招くことなく保持可能な鏡筒を提供することにある。加えて、この発明のさらに別の目的は、光学素子の光学性能の低下を抑制でき、高精度の投影露光が可能な露光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1の発明では、光軸(AX2)が重力方向と交差する方向に延びる光学素子(62)を支持する光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、少なくとも3ヶ所で前記光学素子(62)の外周部(62a)に係合する支持機構(63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93, 107a, 107b, 112a, 112b)を有し、前記支持機構(63a, 63

b, 64, 92a, 92b, 93, 107a, 107b, 112a, 112b)は、光学素子(62)の荷重を支持する荷重支持機能と、前記光学素子(62)の荷重の支持位置を傾動支点とする光学素子(62)の傾動を規制する傾動規制機能と、前記光軸(AX2)と直交する軸線(Z軸)を中心とする光学素子(62)の回転を規制する回転規制機能とを有することを要旨としている。

【0009】従って、請求項1の発明によれば、光学素子の外周部が少なくとも3ヶ所の支持機構により支持されて、光学素子の側面と支持装置の支持部との間に、前記光学素子の側面の全周にわたる面接触を生じない。このため、光学素子自身及び支持装置の支持部の加工公差が、それら支持部を介して光学素子に集中するおそれが低減される。

【0010】請求項2の発明では、請求項1に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記支持機構(63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93, 107a, 107b, 112a, 112b)は、光学素子(62)の外周部(62a)の重力方向下方部に係合する下方支持部(63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b)と、光学素子の外周部の重力方向上方部に係合する上方支持部(64, 93, 112a, 112b)とに分かれ、上方支持部(64, 93, 112a, 112b)と下方支持部(63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b)との少なくとも一方には前記傾動規制機能を有する傾動規制手段(80, 84, 95)を設けると共に、上方支持部(64, 93, 112a, 112b)と下方支持部(63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b)との少なくとも他方には前記荷重支持機能を有する荷重支持手段(63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b)を設けたことを要旨としている。

【0011】従って、請求項2の発明によれば、請求項1の発明の作用に加えて、光学素子の重量を確実に支持しつつ、その光学素子の荷重支持手段を傾動支点とした傾動が確実に抑制される。

【0012】請求項3の発明では、請求項2に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記上方支持部(64, 93, 112a, 112b)または下方支持部(63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b)の少なくとも一方は、第1支持部(63a, 92a, 107a, 112a)と、前記第1支持部(63a, 92a, 107a, 112a)に対して光学素子(62)の外周方向に所定間隔をおいて配置される第2支持部(63b, 92b, 107b, 112b)とを有し、前記第1支持部(63a, 92a, 107a, 112a)と第2支持部(63b, 92b, 107b, 112b)とは重力方向に沿って延びる軸線(Z軸)に対して対称になるように配置されたことを要

旨としている。

【0013】従って、請求項3の発明によれば、請求項2の発明の作用に加えて、光学素子が重力方向に沿う軸線に対してバランスよく支持される。また、請求項4の発明では、請求項2または3に記載の光学素子支持装置(61, 91)において、前記各支持部(63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93)は、光学素子(62)の中心(LP)と各支持部(63a, 63b, 64, 92a, 92b, 93)とを結ぶ線分(L1~L3)を仮想したときに、隣接する2つの線分のなす中心角(θ)の角度がほぼ等間隔をなすように配置されたことを要旨としている。

【0014】従って、請求項4の発明によれば、請求項2または3の発明の作用に加えて、光学素子が一層バランスよく支持される。請求項5の発明では、請求項3または4に記載の光学素子支持装置(106, 111)において、前記下方支持部(107a, 107b)に荷重支持手段(107a, 107b)を設けた時、前記第1、第2支持部(107a, 107b)は、前記光学素子(62)を重力方向の上下に2分する水平面内において光軸(AX2)と直交する軸線(X軸)と、光学素子(62)の中心(LP)と第1、第2支持部(107a, 107b)の光学素子(62)の荷重に対する光学素子(62)の中心(LP)方向への反力(F_a , F_b)の作用点(SP a, SP b)とを結ぶ各線分とのなす角度を Θ としたとき、前記各作用点における前記反力(F_a , F_b)の比が $\sin \Theta$ をなすように配置されたことを要旨としている。

【0015】従って、請求項5の発明によれば、請求項3または4の発明の作用に加えて、第1、第2支持部における支持荷重の分布がさらにバランスよくほぼ最適な状態で配分されるため、光学素子がより安定した状態で支持される。

【0016】請求項6の発明では、請求項5に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記中心角(θ_s)は $5^\circ \sim 60^\circ$ の範囲内であることを要旨としている。

【0017】ここで、前記中心角が 5° 未満では、前記光軸に直交し重力方向に延びる軸線を中心とした光学素子の回転に対して、両支持部での係合による規制効果が小さくなると共に、隣接する支持部が干渉するおそれがある。一方、前記中心角が 60° を超えると、各支持部に複数の支持点(前記作用点に対応する)で光学素子の外周部に当接する受け部材を使用する場合において、同受け部材の支持点が前記水平面を挟んで存在することになる。このため、その支持点における光学素子の重量の支持効果が小さくなり、一部の支持点に荷重が集中しやすくなる。

【0018】これに対して、前記請求項6の発明によれば、請求項5の発明の作用に加えて、光学素子の回転規

制が確保される共に、受け部材の各支持点における荷重の分担効果が効率よく発揮される。

【0019】請求項7の発明では、請求項3~6のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記第1、第2支持部(63a, 63b, 92a, 92b, 107a, 107b)には、光学素子(62)の外周部(62a)との間に軸受構造(73, 74, 75, 109)が介在されていることを要旨としている。

【0020】従って、請求項7の発明によれば、請求項3~6のいずれかの発明の作用に加えて、軸受構造の介在により、光学素子と各支持部との間に相対配置の自由度が生まれ、光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差を吸収可能となる。

【0021】請求項8の発明では、請求項3~7のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(106, 111)において、前記第1、第2支持部(107a, 107b, 112a, 112b)の内、少なくとも1つの支持部(107a)には、光学素子(62)の円周方向における移動調節可能な調節手段(109)が形成されたことを要旨としている。

【0022】従って、請求項8の発明によれば、請求項3~7のいずれかの発明の作用に加えて、一部の支持部が、光学素子の円周方向への移動調節されることにより、同方向における光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差が吸収可能となる。また、この発明によれば、光学素子への露光照射時においては光学素子に熱が蓄積されることがあるが、このような蓄積熱による光学素子の熱膨張を吸収可能となる。

【0023】請求項9の発明では、請求項2~8のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)において、前記傾動規制機能は、重力の上下方向に自由度を有する弾性部材(84, 95)の弾性力で達成されたことを要旨としている。

【0024】従って、請求項9の発明によれば、請求項2~8のいずれかの発明の作用に加えて、光学素子の傾動を確実に抑制しつつ、各部材の加工公差及び環境温度の変化に基づいて生じる光学素子と支持装置との寸法ずれを吸収することができる。

【0025】請求項10の発明では、請求項9に記載の光学素子支持装置(91)において、前記傾動規制機能は、光学素子(62)の光軸(AX2)に直交すると共に、重力に直交する方向に自由度を有する弾性部材(95)の弾性力で達成されたことを要旨としている。

【0026】従って、請求項10の発明によれば、請求項9の発明の作用に加えて、前記加工公差及び寸法ずれをさらに確実に吸収することができる。請求項11の発明では、請求項2~10のいずれか一項に記載の光学素子支持装置(111)において、前記上方支持部(64, 112a, 112b)には、光学素子(62)を牽

引する牽引手段(116)が設けられたことを要旨としている。

【0027】従って、請求項11の発明によれば、請求項2～10のいずれかの発明の作用に加えて、上方支持部においても、光学素子の重量の一部または全部を支持することができる。特に、下方支持部にも荷重支持手段が設けられたような構成では、光学素子が下方で受承されると共に上方から牽引されて、各支持部における分担荷重がさらに低減され、光学素子のたわみ量が一層低減される。

【0028】請求項12の発明では、請求項11に記載の光学素子支持装置(111)において、前記上方支持部(112a, 112b)は、前記下方支持部の第1、第2支持部(107a, 107b)と、光学素子(62)の中心(LP)に対してほぼ対称となる位置に配置された第3支持部(112a)及び第4支持部(112b)を有することを要旨としている。

【0029】従って、請求項12の発明によれば、請求項11の発明の作用に加えて、光学素子の重量をさらにバランスよく支持することができる。請求項13の発明では、光軸(AX2)が重力方向と交差する方向に延びる光学素子(62)を、光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)を介して内周面に保持する鏡筒(51)において、前記光学素子支持装置(61, 91, 106, 111)は、前記請求項1～12のいずれか一項に記載の光学素子支持装置より構成されたことを要旨としている。

【0030】従って、請求項13の発明によれば、請求項1～12のいずれかの発明の作用を有する光学素子支持装置により、鏡筒の本体内に光学性能の低下を招くことなく光学素子を保持することができる。

【0031】請求項14の発明では、鏡筒(51)内に光軸(AX2)が重力方向と交差する方向に延びる光学素子(62)を有する露光装置において、前記光学素子(62)は、前記請求項1～12のいずれか一項に記載の光学素子支持装置を介して鏡筒内に支持されたことを要旨としている。

【0032】従って、請求項14の発明によれば、請求項1～12のいずれかの発明の作用を有する光学素子支持装置により、光学素子の光学性能の低下が抑制されて、高精度の投影露光が可能となる。

【0033】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)以下に、本発明の第1実施形態について図1～図6に基づいて説明する。

【0034】この第1実施形態は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置において、本発明の光学素子支持装置を縦置きレンズ支持装置に具体化すると共に、本発明の鏡筒を投影光学系の一部に具体化したものである。

【0035】まず、走査型露光装置(以下、単に「露光装置」とする)について、図1及び図2に基づいて説明する。図1に示すように、露光装置31は、レチクル、フォトリソ等のマスクを照明するための露光光源32と、露光光を調整する照明光学系33と、前記マスクを載置するマスクステージ34と、露光光により照明されたマスク上の回路パターンをウェハ、ガラスプレート等の基板上に投影する投影光学系35と、前記基板を載置する基板ステージ36とから構成されている。これらの構成部分の内、露光光源32を除く部分は、温度、湿度等が高精度に制御されたチャンバ37内に収納されている。以下、この実施形態では、前記マスクとしてレチクルRを採用し、前記基板としてウェハWを採用し、レチクルR上の回路パターンをウェハW上に所定の縮小倍率にて縮小投影して転写する例について説明する。

【0036】前記露光光源32としては、例えば波長193nmのレーザ光を発するArFエキシマレーザが使用される。露光光源32からのレーザ光は、導光光学系33aを介して、前記チャンバ37内の照明光学系33に導かれる。

【0037】前記照明光学系33は、リレーレンズ、フライアイレンズ、コンデンサーレンズ等の各種レンズ系を備えている。また、同照明光学系33には、開口絞り及び前記マスクステージ34上に載置されたレチクルRのパターン面と共役な位置に配置されたブラインド等を含んで構成されている。

【0038】前記マスクステージ34は、前記照明光学系33の下方において、そのマスク載置面41が前記投影光学系35の光軸と直交するように配置されている。このマスクステージ34は、レチクルRを載置保持するためのマスクホルダ42を備えている。このマスクホルダ42は、図示しない駆動機構により、水平面内をY軸方向(図1において紙面の左右方向)に移動可能となっている。また、このマスクホルダ42は、X軸方向(図1において紙面と直交する方向)の微動およびZ軸(前記露光光ELの光軸と平行で重力方向に沿って延びる軸線)周りの微小回転が可能のように構成されている。

【0039】投影光学系35は、例えば反射光学素子43及びレンズ群44をそれぞれ3つ備えた3回反射の反射屈折光学系により構成されている。そして、これらのレンズ群により、露光光がこの投影光学系35を通過する際に、その断面形状が所定の縮小倍率 $1/n$ (n は正の整数)に縮小されるようになっている。なお、この投影光学系35の構成については、後に詳述する。

【0040】前記基板ステージ36は、定盤45と、前記X軸方向に移動可能に配置されたXステージ46と、Y軸方向に移動可能に配置されたYステージ47とを備えている。このYステージ47には、ウェハWを載置するとともに真空吸着して支持する基板ホルダ48が設けられている。このYステージ47は、走査露光時に、前

記マスクステージ34のマスクホルダ42に対して、前記投影光学系35の縮小倍率に応じて定まる速度比をもって反対方向に移動されるようになっている。

【0041】次に、前記投影光学系35について詳細に説明する。図2に示すように、投影光学系35は、 π の字状をなす鏡筒としてのレンズ鏡筒51と、全体として縮小光学系を構成する第1～第3レンズ群44a～44cと複数の反射光学素子(凹面鏡または平面鏡)43a～44cとを備えている。

【0042】前記レンズ鏡筒51の前記マスクステージ34上のレチクルRと対向するレチクル対向面部52には、第1開口部53が形成されている。また、前記レンズ鏡筒51の前記基板ステージ36上のウェハWと対向するウェハ対向面部54には、第2開口部55が形成されている。

【0043】第1レンズ群44aは、レンズ鏡筒51の第1脚部51a内に收容され、レチクルRの下方にZ軸方向に沿って延びる共通の光軸AX1を有する複数の凹レンズ、凸レンズ等によって構成されている。第2レンズ群44bは、レンズ鏡筒51の横行部51c内に收容され、前記Z軸と直交する方向に沿って延びる共通の光軸AX2を有する複数のレンズより構成されている。第3レンズ群44cは、レンズ鏡筒51の第2脚部51b内に收容され、ウェハWの上方にZ軸方向に沿って延びる共通の光軸AX3を有する複数の凹レンズ、凸レンズによって構成されている。

【0044】前記第1レンズ群44aの下方において、反射光学素子をなす凹面鏡43aは、その光軸が前記第1レンズ群44aの光軸AX1と一致するように配置されている。また、第1レンズ群44aの上方で、投影光学系35の瞳面の位置には、同じく反射光学素子をなす第1平面鏡43bが斜設されている。また、第3のレンズ群44cの上方には、同じく反射光学素子をなす比較的大型の第2平面鏡43cが斜設されている。この第2平面鏡43cは、露光光をほぼ100パーセント反射する一般的な反射ミラーとなっている。そして、それらの第1平面鏡43bと第2平面鏡43cとの間には、前記第2レンズ群44bが配置されている。

【0045】前記レチクル対向面部52の横行部51c側部分には、第1レンズ群44aの光軸AX1の近傍まで延びる第1遮光板56が設けられている。この第1遮光板56によって、第1レンズ群44aの図2における右半分に対する上方からの光の入射が制限される。また、レンズ鏡筒51の第1脚部51aと横行部51cとの接合部の底側部分には、第2レンズ群44bの光軸AX2の近傍まで延びる第2遮光板57が設けられている。この第2遮光板57は、第1レンズ群44aと第2レンズ群44bとの境界部分に対応するように配置されている。そして、この第2遮光板57によって、第1レンズ44a側からの余計な反射光や乱反射光の第2レン

ズ群44bへの入射が抑制される。

【0046】なお、この投影光学系35は、瞳面に配置された前記第1平面鏡43bと第2レンズ群44bとの間の露光光ELの光軸AXL上に、露光光に関するウェハW表面の共役点Kが存在するものとなっている。このように構成された反射屈折タイプ投影光学系35は、全屈折タイプの投影光学系と比べて、高開口数(N.A.)化、光学素子の数の減少、レーザ狭帯化の程度が緩い等のメリットがある。

【0047】次に、光学素子支持装置を構成し、前記第2レンズ群44bをレンズ鏡筒51の横行部51c内に支持するための縦置きレンズ支持装置について、詳細に説明する。

【0048】図3及び図4に示すように、縦置きレンズ支持装置61は、レンズ62の重力方向下方側の外周部に係合する下方支持部としての複数の(ここでは、2つ)の第1可動支持部63a及び第2可動支持部63bと、レンズ62の重力方向上方側の外周部に係合する上方支持部としての固定支持部64とよりなっている。これらの各支持部63a、63b、64は、レンズ62の円周方向に等角度間隔をおいて配置されている。すなわち、各支持部63a、63b、64とレンズ62の中心LPとを結ぶ線分L1～L3を仮想したとき、隣接する線分L1～L3のなす複数の中心角 θ が、いずれも等しいものとなっている。また、前記第1可動支持部63aと第2可動支持部63bとは、レンズ62の光軸AX2に直交するとともに重力方向に沿って延びる軸線としてのZ軸に対して $\theta/2$ 間隔で配置されている。すなわち、前記第1可動支持部63a及び第2可動支持部63bは、それぞれ、前記Z軸に対して対称となるように配置された第1支持部及び第2支持部を構成している。

【0049】図3、図4、図5(c)、図5(d)及び図6に示すように、前記両可動支持部63a、63bは、前記レンズ62の外周部に係合する受け部材67と、装置本体としてのレンズ鏡筒51に接合保持される基台部68と、それらの間に介在された軸受構造とより構成されている。これら各可動支持部63a、63bは、主にレンズ62の重量に基づく荷重を支持する機能を有する荷重支持手段を構成している。

【0050】前記受け部材67のレンズ62側の対向面の中央には、レンズ62の円周方向に沿って延びる溝70が形成されており、その溝70内の両端にはその溝70と交差するように延びる円弧状突起71が形成されている。前記溝70にはレンズ62の外周部に形成されたつば部62aが係合し、前記円弧状突起71がレンズ62のつば部62aの外周面に当接するようになっている。つまり、2つの円弧状突起71の稜線は、所定の間隔をおいて存在する複数の支持点SPをなしている。

【0051】また、前記溝70の内側面とレンズ62のつば部62aの側面との間には、ゴム等の弾性体により

なるバッキン72が介装されている。また、受け部材67の前記レンズ62側の対向面と反対側の面の中央には、前記軸受構造の一部を構成する円錐状凹部73が形成されている。

【0052】一方、前記基台部68のレンズ62側の面の中央には、前記受け部材67の円錐状凹部73に対向するように、軸受構造の一部を構成する円錐状凹部74が形成されている。そして、前記両円錐状凹部73、74の間に、軸受構造の一部を構成するボール75が介装されている。また、この基台部68は、前記レンズ62側の面と反対側の面において、レンズ鏡筒51の内周面に形成された支持座76に対してボルト77により接合固定される。

【0053】ここで、前記ボール75は、前記受け部材67の両円弧状突部71のはば中間に対応する位置に配置されている。そして、このことと、前述のように両可動支持部63a、63bが前記Z軸に対して対称に配置されていることから、各可動支持部63a、63bの各支持点SPも前記Z軸に対して対称に配置されていることになる。

【0054】図3、図4、図5(a)及び図5(b)に示すように、前記固定支持部64は、前記レンズ62の外周部に係合する係合部80と、弾性部材としての板状弾性体84とを備えている。そして、この実施形態では、これら係合部80と板状弾性体84とにより、傾動規制の機能を有する傾動規制手段が構成されている。

【0055】前記係合部80のレンズ62側の対向面には、前記第1支持部63の受け部材67の対向面と同様の溝81及び円弧状突部82が形成されている。また、この溝81には、レンズ62の外周部に形成されたつば部62aが係合するようになっている。そして、レンズ62のつば部62aの一方の側面と、溝81の内壁面との間には、ゴム、バネ等の弾性体よりなるバッキン83が介装されている。また、つば部62aの他方の側面と溝81の内壁面とは直接接触する。従って、他方の側面が基準面となって構成されている。

【0056】前記板状弾性体84は平板状をなし、その長手方向がレンズ62の光軸AX2と同方向に、前記係合部80とレンズ鏡筒51の内周面に形成された支持座85との間に介装されている。この板状弾性体84は、その中央において前記係合部80の前記一側面と反対の側面にボルト86により固定されていると共に、その両端において前記支持座85の座面に一對のボルト87により固定されている。また、支持座85の座面には、両ボルト87の螺合位置の間において、前記板状弾性体84の弾性変形を許容する逃がし部88が凹設されている。このように、板状弾性体84は、前記Z軸方向のみに自由度を有するもの、つまり弾性変形可能なものとなっているとともに、光軸AX2方向への移動が規制されている。これにより、レンズ62の前記両可動支持部6

3a、63bを傾動支点とする傾動が規制されるようになっている。

【0057】また、前述したように、この縦置きレンズ支持装置61では、前記3ヶ所の第1可動支持部63a、第2可動支持部63b、固定支持部64が、等角度間隔をおいて配置されている。その両可動支持部63a、63bにおいてレンズ62の重量が上向きに支持され、その固定支持部64においてレンズ62の傾動が規制されている。そして、これらの支持部63a、63b、64は、レンズ鏡筒51の支持座76、85に接合固定されている。このため、レンズ62の前記Z軸を中心とする回転も規制されることになる。つまり、前記各支持部63a、63b、64は、レンズ62の回転規制機能を有する回転規制手段をも構成している。

【0058】次に、上記のように構成された露光装置31の動作について説明する。図1に示すように、ウエハWとレチクルRのアライメントが行われた状態で、露光光源32から露光光ELが照射されると、この露光光ELは照明光学系33を通過する際に、照明光学系33内のブラインドによって、例えばスリット状に断面形状が制限される。そして、このスリット状とされた露光光ELは、フライアイレンズ、コンデンサーレンズ等を介して回路パターンが描画されたレチクルR上のスリット状の照明領域を均一な照度で照明する。

【0059】次に、図2に示すように、このレチクルRを透過した露光光ELは、投影光学系35に入射され、第1レンズ群44aの主として左半部を透過して凹面鏡43aに至る。ここで、露光光ELは、その凹面鏡43aの光軸AX1に関して入射方向と対称な方向に反射され、第1レンズ群44aの右半部を透過して第1平面鏡43bに至る。

【0060】次に、この露光光ELは、第1平面鏡43bで反射されて、第2レンズ群44bの光軸AX2に平行な方向に向けて方向変換され、第2レンズ群44bの主として上半部を透過して第2平面鏡43cに至る。すると、この露光光ELは、第2平面鏡43cで反射されて、第3レンズ群44cの光軸AX3に平行な方向に方向変換される。

【0061】そして、この露光光ELは、第3レンズ群44cの主として左半部を透過し、第2開口部55を介して、基板ステージ36上のウエハWに至る。このように、レチクルR上の回路パターンの投影空間像は第1～第3レンズ群44a～44cを透過する際に1/n倍に縮小され、前記ウエハW上には縮小されたレチクルR上の回路パターンが投影露光される。

【0062】この露光の際には、レチクルRを載置支持するマスクホルダ42と、ウエハWを載置支持する基板ホルダ48とが前記Y軸方向に沿って互いに逆向きに所定の速度比で同期走査される。これにより、レチクルRのパターン全体が、ウエハW上の1ショット領域に転写

される。このような走査露光は、基板ステージ36のXステージ46及びYステージ47の移動により、ウエハWを順次ステップ移動しながら行われる。そして、レチクルRのパターンが、ウエハW上の全ショット領域に転写される。

【0063】以上のように構成されたこの第1実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

(イ) この縦置きレンズ支持装置61では、前記3ヶ所の第1可動支持部63a、第2可動支持部63b、固定支持部64が、等角度間隔を置いて配置されている。そして、その両可動支持部63a、63bにおいてレンズ62の重量が上向きに支持され、その固定支持部64においてレンズ62の両可動支持部63a、63bを傾動支点とする傾動が規制されている。さらに、これらの支持部63a、63b、64の協働により、レンズ62の重力方向に沿うZ軸回りの回転も規制されている。つまり、レンズ62は、3ヶ所の支持部のみで確実に保持されている。このため、従来構成のように、レンズ62とそれを支持する支持装置との間に、レンズ62のほぼ全円周にわたる面接触を生じることがない。

【0064】このため、レンズ62自身及び支持装置の支持部における平面うねり等の加工公差が、レンズ62の支持状態において、レンズ62に集中するおそれを低減できる。従って、レンズ62に予測不能なたわみが発生するおそれを抑制できると共に、レンズ62の面精度を良好に確保することができ、レンズ62の光学性能の低下を抑制することができる。

【0065】(ロ) この縦置きレンズ支持装置61においては、レンズ62が下方の2つの可動支持部63a、63bにおいてその重量が支持され、上方の1つの固定支持部64においてその傾動が規制されている。この場合、下方の両可動支持部63a、63bの近傍において、レンズ62の自重に基づく上下方向に非対称なたわみを生じることがある。

【0066】しかしながら、前述のような反射屈折型の投影光学系35では、縦置き状態となる第2レンズ群44bにおいて、露光光ELは前記両可動支持部63a、63bの近傍を含む下端部を通過することなく、例えば図3及び図4に二点鎖線で示す範囲内のように主として上半部を透過する。このため、前記のようなたわみがレンズ62の下方部分に生じてその影響は小さい。従って、この縦置きレンズ支持装置61は、反射屈折型の投影光学系35のレンズ支持装置として特に好適である。

【0067】(ハ) この縦置きレンズ支持装置61においては、レンズ62の重量を支持する両可動支持部63a、63bが、レンズ62の中心LPを通り重力方向に沿うZ軸に対して対称になるように配置されている。また、その両可動支持部63a、63bの各支持点SPも、前記Z軸に対して対称になるように配置されている。従って、レンズ62の重量がバランスよく支持され

て、レンズ62の水平方向に非対称なたわみの発生量を低減することができる。

【0068】(ニ) この縦置きレンズ支持装置61では、各可動支持部63a、63bに2つの支持点SP（本実施形態では円弧状突部71）を有する受け部材67が用いられている。このため、レンズ62の重量は、各可動支持部63a、63b内においても2つの支持点SPに分散されている。従って、各可動支持部63a、63b内において、レンズ62の荷重が一点に集中することが抑制され、各支持点SPの近傍におけるレンズ62のたわみ量を低減することができる。

【0069】(ホ) この縦置きレンズ支持装置61の各可動支持部63a、63bには、軸受構造（本実施例では、一對の円錐状凹部73、74とボール75とよりなる）が介在されている。このため、ボール75の中心BPを揺動中心とした受け部材67の揺動が許容される。つまり、レンズ62の装着状態において、レンズ62と基台部68との間に相対配置の自由度が生じてことになる。これにより、受け部材67とレンズ62との相対的位置が、レンズ62のつば部62aの外周面に沿うように自動的に微調整される。従って、この微調整により、レンズ62自身及び両可動支持部63a、63bの各部材の加工公差を吸収することができる。

【0070】また、レンズ62を各可動支持部63a、63bに装着した際に、レンズ62が自重によりたわんで、そのつば部62aの外周面がわずかに変形したとしても、その変形に応じて、前記受け部材67が揺動される。従って、レンズ62に前記変形が生じたとしても、レンズ62の外周面と受け部材67の支持点SPとの係合を確保することができる。

【0071】(ヘ) この縦置きレンズ支持装置61においては、固定支持部64が板状弾性体84を介してレンズ鏡筒51に接合固定されている。ここで、板状弾性体84はレンズ62の光軸AX2の方向（即ち、重力方向と直交する方向）には弾性変形が困難なものとなっているため、前記両可動支持部63a、63bを傾動支点とするレンズ62の傾動を確実に抑制することができる。

【0072】ところで、レンズ62の重量はその下方において両可動支持部63a、63bにより支持されているため、レンズ62をはじめとする各部材の重力に沿う方向における加工公差はレンズ62の上方側に集中することになる。この加工公差の集中に基づいて、レンズ62と固定支持部64との間に位置ずれを生じることがある。また、レンズ62と固定支持部64の各部材とは線膨張係数がそれぞれ異なるため、環境温度の変化に伴って、同様の位置ずれを生じることもある。

【0073】ここで、前記板状弾性体84は、重力方向である上下方向には弾性変形可能なものとなっているため、レンズ62の半径方向における、前記位置ずれを容

易に吸収することができる。従って、レンズ62の重力方向におけるたわみの発生量を低減することができる。

【0074】(ト) このレンズ鏡筒51においては、レンズ62が前記構成の縦置きレンズ支持装置61を介して保持されている。従って、レンズ62におけるたわみの発生量が低減されて、レンズ鏡筒51内に光学性能の低下を生じることなくレンズ62を保持することができる。

(チ) この露光装置31において、その第2レンズ群44bを構成する複数のレンズ62は、前記構成の縦置きレンズ支持装置61を介してレンズ鏡筒51の横行部51c内に保持されている。このため、各レンズ62における光学性能の低下が抑制されて、高精度の投影露光が可能となる。

【0075】(第2実施形態) 次に、この発明の第2実施形態について、前記第1実施形態と異なる部分を中心に、図7～図10に基づいて説明する。この第2実施形態の縦置きレンズ支持装置91においては、可動支持部92a、92b及び第2支持部93の構成が前記第1実施形態と異なっている。

【0076】図7～図10に示すように、この第2実施形態の第1可動支持部92a及び第2可動支持部92bは、前記第1実施形態の受け部材67に相当する部材が省略されている。そして、レンズ62のつば部62aの外周面上には、両可動支持部92の基台部68の円錐状凹部74と対応するように、円錐状凹部94が形成されている。それらの円錐状凹部74、94の間にはボール75が介装され、そのボール75により各可動支持部92の支持点SPが構成されている。つまり、本実施形態の縦置きレンズ支持装置91は、各可動支持部92毎に1つの支持点SPを有している。

【0077】また、固定支持部93の係合部80は、断面L字状の板状弾性体95を介して、レンズ62の光軸AX2に沿って延びるようにレンズ鏡筒51の支持座85に形成された取付溝96の内側面に取着されている。この板状弾性体95の折り曲げ部の中央には、スリット97が形成されている。このスリット97の存在により、板状弾性体95の重力方向である上下方向(Z軸方向)及びレンズ62の光軸AX2と交差する水平軸に沿う方向(X軸方向)への自由度、つまり弾性変形機能が確保されている。そして、板状弾性体95は、水平面98の中央においてボルト86により前記係合部80に接合固定されている。また、板状弾性体95は、垂直面99の中央においてボルト100により前記取付溝96の内側面に形成された支持突部101に接合固定されている。この支持突部101の両側は、板状弾性体95の前記X軸方向への弾性変形を許容する逃がし部102となっている。

【0078】以上のように構成されたこの第2実施形態によれば、前記第1実施形態の(イ)～(ハ)及び

(ヘ)とはほぼ同様の効果に加えて、さらに以下の作用効果を奏する。

【0079】(リ) この縦置きレンズ支持装置91では、前記両可動支持部92a、93bにおいて、ボール75が直接レンズ62の外周面上に形成された円錐状凹部94に係合している。このため、部品点数を少なくできて、構成の簡素化を図ることができる。

【0080】(ヌ) この縦置きレンズ支持装置91の固定支持部93に介装された板状弾性体95は、前記Z軸方向及びX軸方向への弾性変形が可能なものとなっている。このため、レンズ62の半径方向のみならず、レンズ62のX軸方向における、レンズ62と固定支持部93との位置ずれを容易に吸収することができる。従って、レンズ62のたわみの発生量をさらに低減することができる。

【0081】(第3実施形態) 次に、この発明の第3実施形態について、前記第1実施形態と異なる部分を中心に図11～図15に基づいて説明する。この第3実施形態の縦置きレンズ支持装置106においては、両可動支持部107a、107bの構成が前記第1実施形態と異なっている。

【0082】図11及び図12に示すように、この第3実施形態の第1可動支持部107a及び第2可動支持部107bは、そのレンズ62の外周部に係合する受け部材108がレンズ62の円周方向に沿って延長されたものとなっている。また、一方の第1可動支持部107aの基台部68のレンズ62側の対向面には、前記第1実施形態の円錐状凹部74に代えてレンズ62の円周方向に沿って延びるV溝109が形成されている。そして、第1可動支持部107aにおいては、受け部材108の背面上の円錐状凹部73と基台部68上のV溝109との間にボール75が介装されている。このV溝109により、第1可動支持部107aがレンズ62の円周方向への移動調節が可能となり、このV溝109は軸受構造の一部を構成するとともに調節手段を構成している。

【0083】また、前記両可動支持部107a、107bは、荷重支持機能を有しており、その各支持点SPa、SPbは、レンズ62の荷重に対するそのレンズ62の中心LP方向への反力の作用点をなしている。ここで、その各支持点SPにおける支持力、つまり前記レンズ62の中心LPに向かう反力が、レンズ62を上下に2分する水平面上では0であり、支持点SPが下方に移動するに従って徐々に増していき、レンズ62の最下部で最大になるように、前記各支持点SPa、SPbが配置されている。すなわち、前記水平面内においてレンズ62の光軸AX2と直交する軸線、つまりX軸と、レンズ62の中心LPと各支持点SPa、SPbとを結ぶ各線分とのなす角度を θa 、 θb としたときに、その各支持点SPにおける前記反力の比が $\sin \theta a$ 、 $\sin \theta b$ をなすように、各支持点SPa、SPbが配置されて

いる。なお、図11に示すように、各可動支持部107a、107bにおいて、支持点SPaはZ軸側の支持点であり、支持点SPbはX軸側の支持点である。

【0084】次に、各支持点SPa、SPbが等角度(θ_s)間隔でかつこのように配置された場合において、各支持点SPa、SPbにおける支持荷重の分布について説明する。

【0085】前記 θ_a 及び θ_b は、 θ_s によりそれぞれ次式のように表される。

【0086】

【数1】

$$F_a : F_b = \sin \theta_a : \sin \theta_b \quad \dots (3)$$

となる。

【0089】次に、各可動支持部107a、107bのレンズ鏡筒51に対する基台部68の接合位置について考える。ここでは、受け部材108における両支持点SPa、SPbの振り分け比、つまりボール75の中心BPとレンズ62の中心LPとを結んだ線分と、各支持点SPa、SPbとレンズ62の中心LPとを結んだ線分

$$\alpha : \beta = F_a : F_b = \sin \theta_a : \sin \theta_b \quad \dots (4)$$

となる。

【0091】また、レンズ62全体の重量Mを、それぞれ2ヶ所ずつの支持点SPa及び支持点SPbで支持す

$$2(F_a \cdot \sin \theta_a + F_b \cdot \sin \theta_b) = M \quad \dots (5)$$

よって、式(3)及び式(5)から、 F_a 及び F_b について解くと、

$$F_a = \frac{M \cdot \sin \theta_a}{2(\sin^2 \theta_a + \sin^2 \theta_b)} \quad \dots (6)$$

【0094】

【数7】

$$F_b = \frac{M \cdot \sin \theta_b}{2(\sin^2 \theta_a + \sin^2 \theta_b)} \quad \dots (7)$$

となる。次に、この第3実施形態の縦置きレンズ支持装置106における最適な各支持点の位置を求めるために、平行平板状のレンズを用いたたわみ量の測定を行った結果について説明する。

【0095】図13にはレンズの重力方向のたわみ量(同図において上側の線Sz1)、図14にはレンズの光軸方向のたわみ量(同図において上側の線Sy1)が示されている。ここで、レンズの光軸方向へのたわみ量は、その重力方向へのたわみ量に比べてほぼ1/20程度と小さく、ほとんど無視しうるものであった。

【0096】ここで、中心角 θ_s が5°に満たない範囲では、両可動支持部107a、107bが非常に近接したものとなって、両可動支持部107a、107bの支持に基づくレンズの重力方向に沿うZ軸回りの回転の規制効果が低下する。また、この中心角 θ_s の範囲では、両可動支持部107a、107bが干渉して、所望の中心角 θ_s を確保できなくなるおそれもあった。

$$\theta_a = 90 - \frac{\theta_s}{2} \quad \dots (1)$$

【0087】

【数2】

$$\theta_b = 90 - \frac{3}{2} \theta_s \quad \dots (2)$$

ここで、各支持点SPa、SPbにおける各反力 F_a 、 F_b の比が $\sin \theta$ をなすようになっているため、

【0088】

【数3】

とのなす角度 α 、 β の比について考えればよいことになる。各可動支持部107a、107b内における各支持点SPa、SPbにおいても同様の反力 F_a 、 F_b の比となっているので、前記角度 α 、 β の比は、

【0090】

【数4】

ることから、次式が成り立つ。

【0092】

【数5】

【0093】

【数6】

【0097】一方、前記中心角 θ_s が60°を超える範囲では、各可動支持部107a、107bの2つの支持点SPa、SPbがX軸を挟んで存在することになる。このため、一方の支持点SPbによるレンズの荷重の支持効果が期待できなくなる。

【0098】これに対して、図に示す中心角 θ_s が5°～60°の範囲では、そのほぼ全域にわたって、レンズのたわみ量は十分に満足しうる範囲であった。また、前記中心角 θ_s が15°～35°の範囲では、レンズのたわみ量の変化が非常に小さいものとなった。さらに、中心角 θ_s が20°～30°の範囲では、図13及び図14から明らかなように、レンズのたわみ量の変化はほとんど見られなかった。

【0099】この結果に基づいて、この縦置きレンズ支持装置106における各支持点SPa、SPbの最適配置の一例を示すとすれば、図15のように、各支持点SPa、SPbが中心角 $\theta_s = 25^\circ$ 程度で等間隔に配置

されたものとなる。この場合、各可動支持部107a、107bにおける前記各支持点SPa、SPbの振り分けは、前記式(1)~(7)により、ボール75に対してX軸側の支持点SPbが中心角で 13.8° の位置、Z軸側の支持点SPaが中心角で 11.2° の位置と求まる。

【0100】以上のように構成されたこの第3実施形態によれば、前記第1実施形態の(イ)~(ヘ)とほぼ同様の効果に加えて、さらに以下の効果を奏する。

(ル) この縦置きレンズ支持装置106では、第1可動支持部107aがレンズ62の円周方向に沿って移動調節可能なものとなっている。このため、加工公差及び環境温度の変化に基づいて、レンズ62と両可動支持部107a、107bとの位置ずれが生じても、第1可動支持部107aが前記円周方向に移動することで容易に吸収される。また、レンズ62は、露光光が通過した際の蓄積熱により熱膨張を生じる場合がある。このとき、レンズ62の円周方向の膨張は受け部材108の円周方向の移動で吸収され、レンズ62の光軸方向の膨張はバッキン83の変形で吸収される。従って、前記位置ずれに基づくたわみの発生が抑制されて、レンズ62の光学性能の低下を抑制することができる。

【0101】しかも、この第1可動支持部107aのレンズ62の円周方向への調節手段は、ボール75とV溝109とを含んでいる。このため、レンズ62にその円周方向への力が生じたりすると、ボール75がV溝109に沿って転動される。従って、第1可動支持部107aのレンズ62の円周方向における移動調節を容易かつ確実に行うことができる。

【0102】(ヲ) この縦置きレンズ支持装置106では、両可動支持部107a、107bの各支持点SPa、SPbにおけるレンズ62の荷重に対応する反力Fa、Fbの比が $\sin\theta$ となるように、各支持点SPa、SPbが配置されている。このため、各支持点SPa、SPbにおける支持荷重の分布をほぼ最適な状態とすることができる。従って、レンズ62をさらに安定した状態で支持することができると共に、レンズ62のたわみの発生量において一層の低減を図ることができる。

【0103】(第4実施形態) 次に、この発明の第4実施形態について、前記第3実施形態と異なる部分を中心に図16~図18に基づいて説明する。この第4実施形態の縦置きレンズ支持装置111においては、前記第3実施形態において、上方支持部として、前記固定支持部64に加えて牽引手段が設けられた第3支持部として第1牽引支持部112a及び第4支持部としての第2牽引支持部112bを設けたものとなっている。

【0104】図16~図18に示すように、この第1牽引支持部112a及び第2牽引支持部112bは、レンズ62を重力方向の上下に2分する水平面より上方において、その最上方に配置された固定支持部64を挟んで

対をなすように設けられている。つまり、第1牽引支持部112a及び第2牽引支持部112bは、前記Z軸に対して対称をなすように配置され、それぞれ、第1支持部及び第2支持部をも構成している。また、第1牽引支持部112aは第1可動支持部107aと、第2牽引支持部112bは第2可動支持部107bと、それぞれレンズ62の中心LPに対して対称となるように配置されている。

【0105】各牽引支持部112a、112bは、レンズ62の外周面に接着層113を介して接合する接合部114と、レンズ鏡筒51に形成された取付孔115内に収容された牽引手段としての牽引バネ116と、それら接合部114と牽引バネ116とを連結する連結部材117とより構成されている。

【0106】前記接合部114は、その長手方向がレンズ62の円周方向に沿って延びており、その長手方向のレンズ62側の側面には一対の支持点SPa、SPbをなす接合爪120が立設されている。この接合爪120において、接合部114とレンズ62とが接着層113を介して接合固定されている。前記牽引バネ116は、その一端が前記取付孔115の底部115aに当接している。

【0107】前記連結部材117は、断面 π の字状の橋架片121とその橋架面121aから垂直に立設された連結ロッド122とからなっている。前記橋架片121は、その脚部121bが前記接合部114の図16において上面を跨ぐように配置され、その脚部121bにおいてピン123により前記接合部114に固定されている。前記連結ロッド122は、前記牽引バネ116の内部、及び、前記取付孔115の底部115aに穿設された連通孔115bに挿通されている。その連結ロッド122の先端にはヘッド部122aが設けられており、このヘッド部122aが所定の付勢力を持つように押し縮められた前記牽引バネ116の他端に係合されている。この係合により、牽引バネ116の付勢力が連結ロッド122、橋架片121、ピン123、接合部114及び接着層113を介してレンズ62に作用する。そして、レンズ62が上方に牽引された状態となって、両牽引支持部112a、112bによりレンズ62の重量の一部が分担支持されるようになっている。このように両牽引支持部112a、112bも荷重支持手段を構成している。

【0108】次に、この第4実施形態の縦置きレンズ支持装置111において、前記第3実施形態の縦置きレンズ支持装置106と同様に、平行平板状のレンズを用いてたわみ量の測定を行った結果について説明する。

【0109】図13にはレンズの重力方向のたわみ量(同図において下側の線Sz2)、図14にはレンズの光軸方向のたわみ量(同図において下側の線Sy2)が示されている。この第4実施形態の縦置きレンズ支持装

置111では、前記第3実施形態の同装置106と比べると、図13及び図14から明らかなように、全体的にたわみ量が重力方向で1/3程度、光軸方向で1/2程度の値となった。

【0110】ここで、たわみ量の比較的大きな重力方向のたわみについて注目すると、前記中心角 θ_s が $10^\circ \sim 40^\circ$ の範囲でそのたわみ量の変化が小さいものであった。さらに、中心角 θ_s が $15^\circ \sim 25^\circ$ の範囲では、そのたわみ量の変化はほとんど見られなかった。

【0111】この結果に基づいて、この縦置きレンズ支持装置111における各支持点SPa、SPbの最適配置の一例を示すとすれば、図16のように、各支持点SPa、SPbが中心角 $\theta_s = 25^\circ$ 程度で等間隔に配置されたものとなる。この場合、各可動支持部107a、107b及び牽引支持部112a、112bにおける前記各支持点SPa、SPbの振り分けは、前記式(1)～(7)により、ボール75の中心BPあるいは連結ロッド122に対してX軸側の支持点SPaが中心角で 13.8° の位置、Z軸側の支持点SPbが中心角で 11.2° の位置と求まる。

【0112】以上のように構成されたこの第4実施形態によれば、前記各実施形態の(イ)～(ハ)、(ル)及び(ヲ)とほぼ同様の効果に加えて、さらに以下の効果を奏する。

【0113】(ワ) この縦置きレンズ支持装置111においては、両牽引支持部112a、112bにレンズ62の重量の一部を牽引支持する牽引バネ116が設けられている。このため、レンズ62の重量が下方の両可動支持部107a、107bで受承されるだけでなく、上方の両牽引支持部112a、112bによっても牽引支持される。このため、各支持点SPa、SPbにおける分担荷重がさらに低減されて、レンズ62のたわみ量を一層低減することができる。

【0114】(カ) この縦置きレンズ支持装置111においては、レンズ62の重量の一部を分担支持する各牽引支持部112a、112bが、同じくレンズ62の重量の一部を分担支持する各可動支持部107a、107bと、レンズ62の中心LPに対して対称となるように配置されている。このため、レンズ62の重量をさらにバランスよく支持することができる。

【0115】なお、本発明に係る前記各実施形態は、以下のように変更して具体化することもできる。

・ 前記各実施形態において、可動支持部63、92、107を3つ以上設けてもよい。また、前記第4実施形態において、牽引支持部112を3つ以上設けてもよい。これらのように構成した場合、レンズ62の重量が各支持部63、92、107、112においてさらに分散されて、各支持部63、92、107、112における分担荷重がさらに低減される。そして、レンズ62のたわみ量がさらに低減される。

【0116】・ 前記各実施形態の受け部材67、108に、3つ以上の円弧状突部71を設けて、レンズ62の外周部を係合させてもよい。また、前記第4実施形態において、各牽引支持部112a、112bの接合部114の接合爪120の数を3つ以上としてもよい。これらのように構成した場合、レンズ62の重量が各受け部材67、108の円弧状突部71あるいは接合部114の接合爪120にさらに分散された状態で作用するため、各支持点SPにおける分担荷重がさらに低減される。そして、各支持点の近傍におけるレンズ62のたわみ量がさらに低減される。

【0117】・ 前記第4実施形態において、各牽引支持部112a、112bの接合部114の接合爪120の数を1つとしてもよい。このように構成した場合、各牽引支持部112a、112bの構成の簡素化を図ることができる。

【0118】・ 前記第1実施形態において、各可動支持部63a、63bの受け部材67を、ボール75を中心としてレンズ62の円周方向に沿って両側に延長してもよい。

【0119】・ 前記第1実施形態において、可動支持部63をレンズ62の最下位に対応する部分に1ヶ所のみに設けると共に、レンズ62のX軸に対応する位置またはそのX軸に対して反対側となる位置に複数の固定支持部64とほぼ同様の構成の傾動規制手段を設けてもよい。

【0120】・ 前記第4実施形態において、レンズ62の下方に位置する各可動支持部107a、107bを省略して両牽引支持部112a、112bのみによりレンズ62の重量を支持すると共に、例えば固定支持部64をレンズ62の下方に設けてレンズ62の傾動を規制し、これら固定支持部64と両牽引支持部112a、112bとの協働によりレンズ62のZ軸回りの回転を規制するようにしてもよい。

【0121】・ 前記各実施形態の固定支持部64、93において、板状弾性体84、95を介することなく係合部80をレンズ鏡筒51の支持座85に直接固定してもよい。このように構成すれば、傾動規制手段が係合部80だけとなるので、固定支持部64、93の構成の簡素化を図ることができる。

【0122】・ 前記第4実施形態において、固定支持部64を省略し、両可動支持部107a、107b及び両牽引支持部112a、112bを、そのレンズ62の中心LPとボール75の中心BPとを結ぶ線分及び連結ロッド122の軸線（延長線がレンズ62の中心を通るものとする）の全ての隣接する線分及び軸線が、等角度間隔、つまり 90° 間隔をなすように配置してもよい。このように構成した場合、レンズ62の重量に基づく荷重がX軸及びZ軸に対してバランスよく支持されて、レンズ62のX軸とZ軸とにより区画される各領域におい

て非対称なたわみの発生を抑制することができる。

【0123】ところで、この明細書において、光学素子は、レンズに限定されるものではなく、また図に示すような凸レンズに限定されるものでもない。すなわち、この光学素子は、凹レンズ、平面レンズ、凸面鏡、凹面鏡、平面鏡、フィルタ等をも含むものである。また、この光学素子は、その光軸が重力方向と直交する方向のものだけではなく、交差する方向のものにも適用できる。

【0124】また、この明細書において、露光装置は、半導体素子製造用の露光装置に限定されるものではなく、また、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置あるいは縮小投影型の露光装置に限定されるものでもない。すなわち、この露光装置は、ステップ・アンド・リピータ方式の露光装置、等倍投影型の露光装置、液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッド等の製造用の露光装置をも含むものである。

【0125】さらに、この明細書において、露光光源は、ArFエキシマレーザに限定されるものではなく、例えば電子線源、X線源、KrFエキシマレーザ光源、F₂エキシマレーザ光源、YAGレーザ及び金属蒸気レーザ等の高調波、i線等の紫外線ランプ、h線、g線等の可視光ランプ等をも含むものである。

【0126】本実施形態の光学素子支持装置は、前述した機能を達成するために、装置を構成する各要素が機械的に結合されて組み上げられる。同様に、上記光学素子支持装置を備える露光装置は、前述した機能を達成するために、装置を構成する各要素が機械的、電気的、光学的に結合されて組み上げられる。

【0127】また、前記各実施形態からは、以下に記載の技術的思想をも抽出することができる。

(1) 前記中心角は $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ の範囲内である請求項6に記載の光学素子支持装置。

【0128】このように構成すれば、光学素子の重力方向のたわみ量の変化を同範囲において非常に小さくすることができる。

(2) 前記中心角は $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の範囲内である前記(1)に記載の光学素子支持装置。

【0129】このように構成すれば、同範囲における光学素子の重力方向のたわみ量の変化が、ほとんど存在しない状態とすることができる。

(3) 前記軸受構造は、互いに対向するように設けられた一対の円錐状凹部と、それらの円錐状凹部の間に介在された球状の軸受部材とによりなる請求項7、8、前記(1)及び(2)のいずれかに記載の光学素子支持装置。

【0130】このように構成すれば、光学素子が球状の軸受部材に沿って揺動可能となり、光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差を吸収できて、それに基づく光学素子におけるたわみの発生量を低減できる。

【0131】(4) 前記調節手段は、前記軸受構造の

一方の対向面に円錐状凹部を設け、他方の対向面に光学素子の外周方向に沿って延びるV溝を設け、その円錐状凹部とV溝との間に球状の軸受部材を介在させた請求項8または前記(3)に記載の光学素子支持装置。

【0132】このように構成すれば、球状の軸受部材がV溝に沿って転動し、前記支持部の光学素子の円周方向における移動調節を容易かつ確実に行うことができる。

(5) 前記軸受構造は、光学素子の外周部に形成された一方の凹部と、前記光学素子を装置本体に対して保持する基台部に形成された他方の凹部と、それら両凹部の間に介在された軸受部材とから構成された請求項7に記載の光学素子支持装置。

【0133】このように構成すれば、部品点数の削減を図ることができて、荷重支持手段を構成する支持部の簡素化を図ることができる。

【0134】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、光学素子への加工公差の集中が抑制されるので、光学素子におけるたわみの発生量を低減でき、光学素子の高い光学性能を容易に確保できる。

【0135】請求項2の発明によれば、請求項1の発明の効果に加えて、光学素子におけるその荷重支持手段を傾動支点とした傾動を確実に抑制することができる。また、光学素子の荷重支持手段側が主にたわむため、露光光を主としてたわみの少ない側の透過させることにより、光学素子のたわみの影響を小さくすることができる。

【0136】請求項3の発明によれば、請求項2の発明の効果に加えて、光学素子が重力方向に沿う軸線に対してバランスよく支持されるので、光学素子の前記軸線の両側における非対称なたわみの発生をより抑制できる。

【0137】請求項4の発明によれば、請求項2または3の発明の効果に加えて、光学素子が一層バランスよく支持されて、光学素子における非対称なたわみの発生を一層抑制できる。

【0138】請求項5の発明によれば、請求項3または4の発明の効果に加えて、各支持部における支持荷重の配置をほぼ最適な状態とすることができ、光学素子のたわみの発生をさらに抑制することができる。

【0139】請求項6の発明によれば、請求項5または6の発明の効果に加えて、光学素子の回転規制を確保できる共に、受け部材の各支持点における荷重の分担効果が効率よく発揮される。

【0140】請求項7の発明によれば、請求項3～6のいずれかの発明の効果に加えて、光学素子と各支持部との間に相対配置の自由度が生まれ、光学素子自身及び支持部等の各部材の加工公差を吸収することができる。

【0141】請求項8の発明によれば、請求項3～7のいずれかの発明の効果に加えて、光学素子の円周方向における光学素子自身及び支持部の各部材の加工公差及び

熱膨張を吸収することができる。

【0142】請求項9及び10の発明によれば、請求項2〜8のいずれかの発明の効果に加えて、光学素子の傾動を確実に抑制しつつ、各部材の加工公差及び環境温度の変化に基づく光学素子と支持装置との寸法ずれを吸収することができる。

【0143】請求項11の発明によれば、請求項2〜10のいずれかの発明の効果に加えて、上方支持部においても、光学素子の重量の一部または全部を支持することができる。特に、下方支持部にも荷重支持手段が設けられたような構成では、各支持点における分担荷重がさらに低減され、光学素子のたわみ量を一層低減することができる。

【0144】請求項12の発明によれば、請求項11の発明の効果に加えて、光学素子の重量をさらにバランスよく支持することができる。請求項13の発明によれば、鏡筒の本体内に光学性能の低下を招くことなく光学素子を保持することができる。

【0145】請求項14の発明によれば、光学素子の光学性能の低下が抑制されて、高精度の投影露光を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 走査型露光装置の概略を示す説明図。

【図2】 図1の投影光学系とその近傍を詳細に示す説明図。

【図3】 第1実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図4】 図3の4-4線断面図。

【図5】 (a)は図4の固定支持部を示す部分拡大断面図、(b)は図3の5b-5b線での部分拡大断面図、(c)は図4の可動支持部を示す部分拡大断面図、(d)は図3の5d-5d線での部分拡大断面図。

【図6】 図3の可動支持部を示す部分拡大断面図。

【図7】 第2実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図8】 図7の8-8線断面図。

【図9】 図8の、(a)は固定支持部を、(b)は可動支持部をそれぞれ示す部分拡大断面図。

【図10】 図7の可動支持部を示す部分拡大断面図。

【図11】 第3実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図12】 図11の、(b)は第1可動支持部を、

(a)は第2可動支持部をそれぞれ示す部分拡大断面図。

【図13】 平行平板レンズにおける重力方向のたわみ量に関するグラフ。

【図14】 平行平板レンズにおける光軸方向のたわみ量に関するグラフ。

【図15】 図11の縦置きレンズ支持装置の最適状態の一例を示す正面図。

【図16】 第4実施形態の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図17】 図16の17-17線断面図。

【図18】 図17の牽引支持部を示す部分拡大断面図。

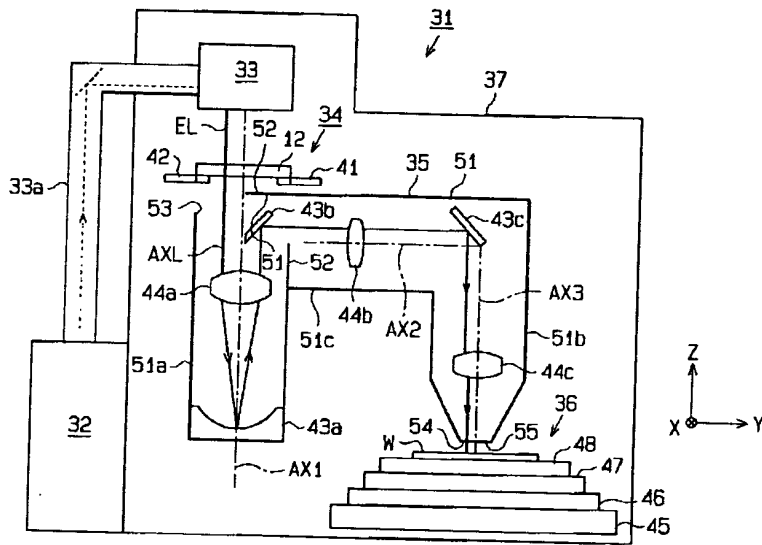
【図19】 従来の縦置きレンズ支持装置を示す正面図。

【図20】 図19の20-20線断面図。

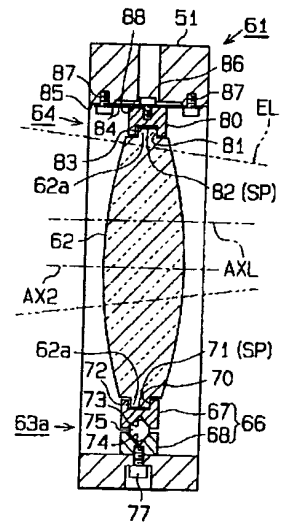
【符号の説明】

31…走査型露光装置、51…鏡筒としてのレンズ鏡筒、61、91、106、111…光学素子支持装置としての縦置きレンズ支持装置、62…光学素子としてのレンズ、62a…外周部としてのつば部、63a、92a、107a…下方支持部、第1支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第1可動支持部、63b、92b、107b…下方支持部、第2支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第2可動支持部、64、93…上方支持部及び回転規制手段の一部を構成する固定支持部、73、74…軸受構造の一部を構成する円錐状凹部、75…軸受構造の一部を構成するボール、80…傾動規制手段の一部を構成する係合部、84、95…傾動規制手段の一部を構成するとともに弾性部材としての板状弾性体、109…軸受構造の一部及び調節手段を構成するV溝、112a…上方支持部の一部、第3支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第1牽引支持部、112b…上方支持部の一部、第4支持部及び荷重支持手段の一部を構成し、回転規制機能を有する第2牽引支持部、116…牽引手段としての牽引バネ、AX2…光学素子の光軸としての第2レンズ群の光軸、Fa、Fb…反力、LP…光学素子の中心、L1〜L3…光学素子の中心と各支持部とを結ぶ線分、SPa、SPb…作用点を構成する支持点、X…水平面内において光軸と直交する軸線、Z…光軸と直交するとともに重力方向に沿って延びる軸線、 θ 、 θ_s …中心角。

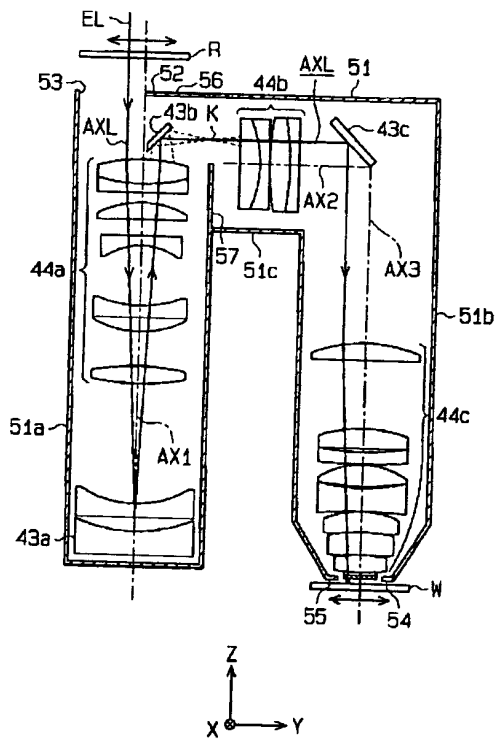
【図1】



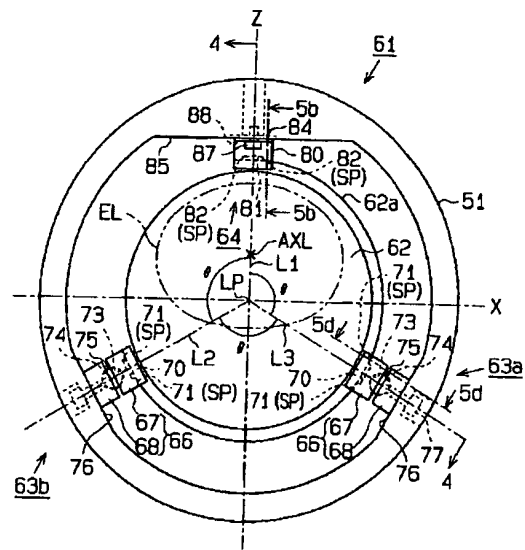
【図4】



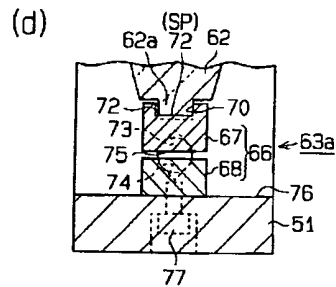
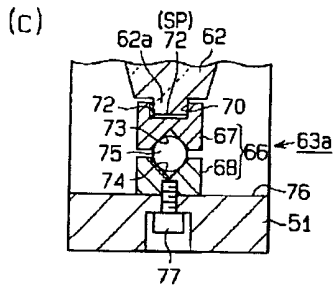
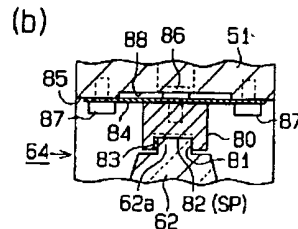
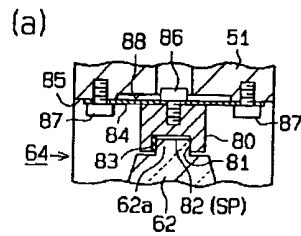
【図2】



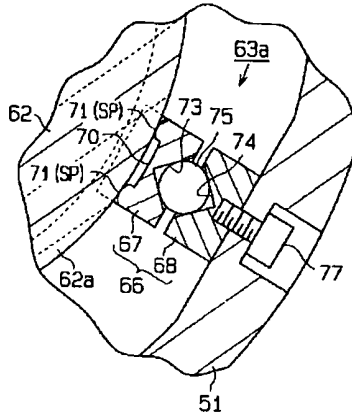
【図3】



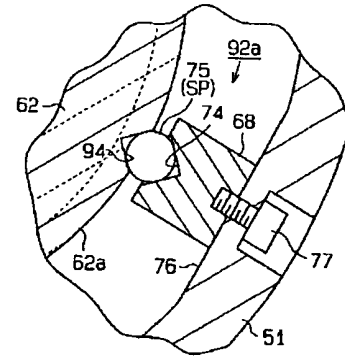
【図5】



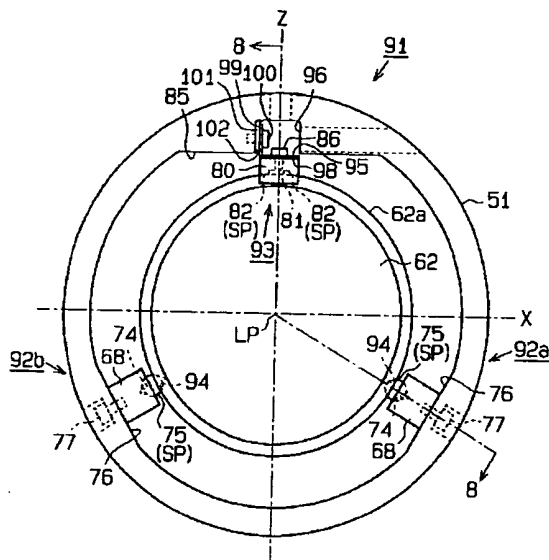
【図6】



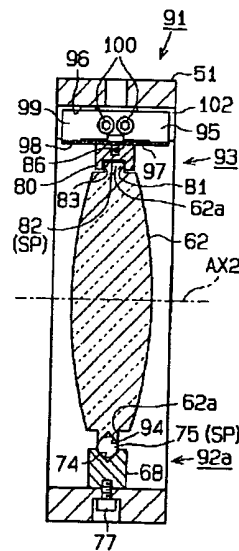
【図10】



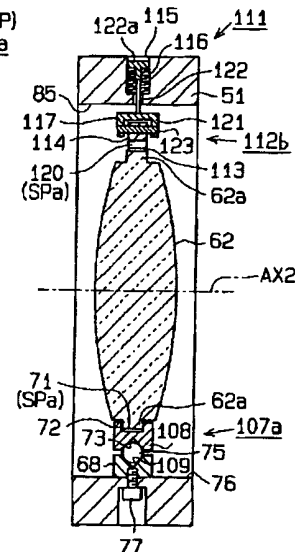
【図7】



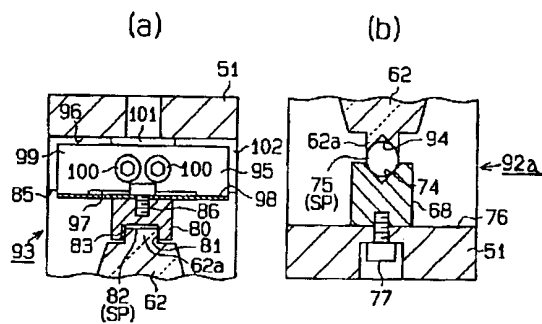
【図8】



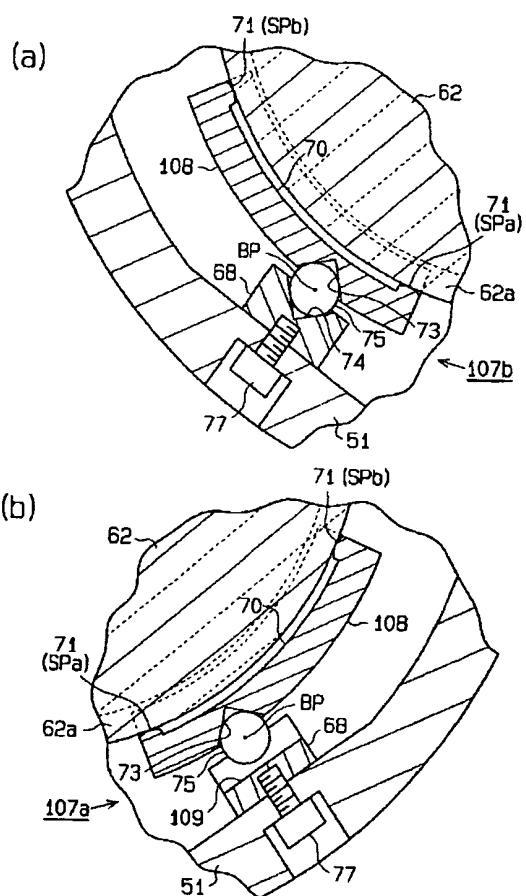
【図17】



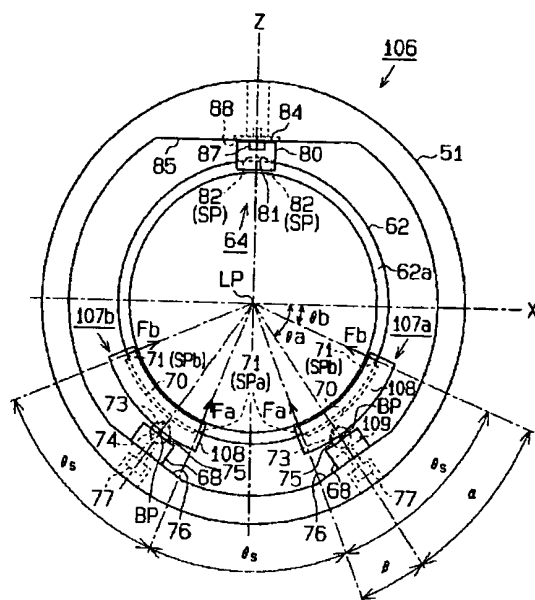
【図9】



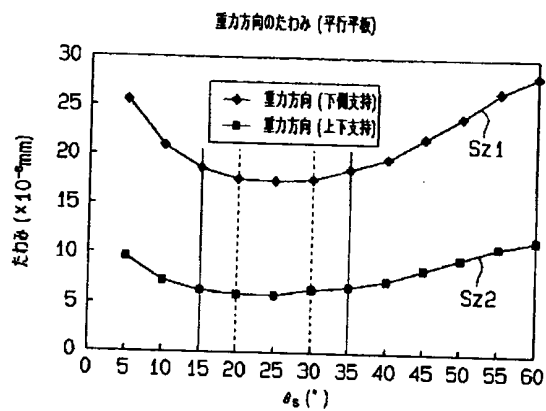
【図12】



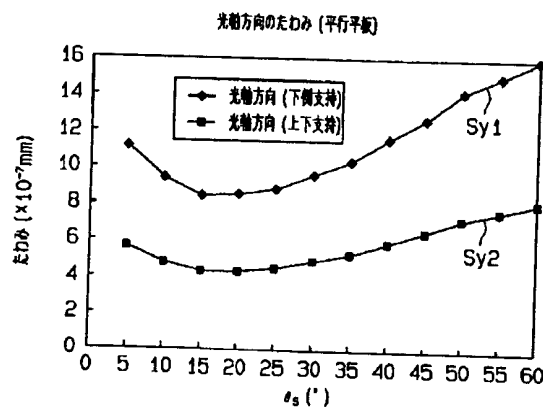
【図 11】



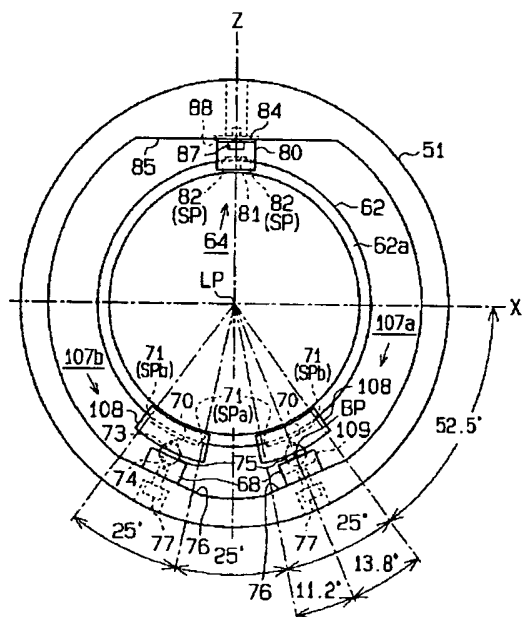
【図13】



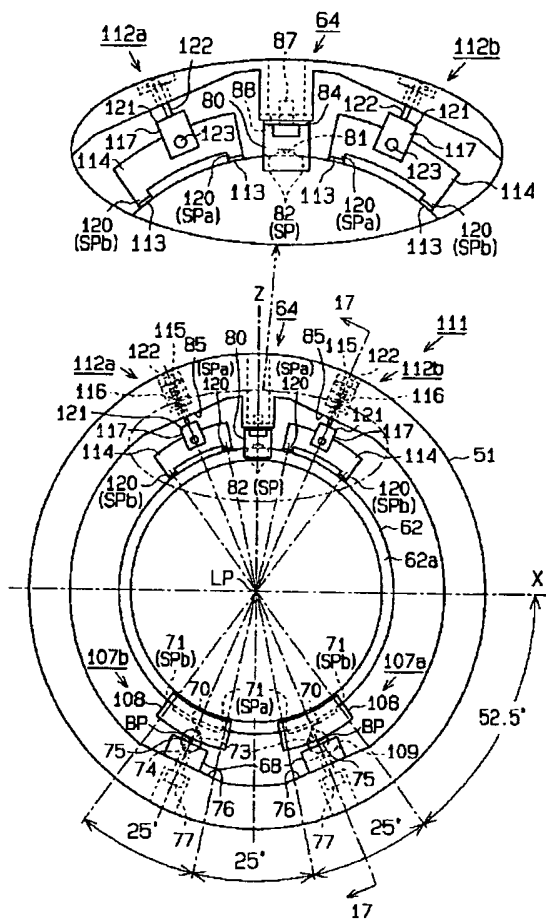
【図14】



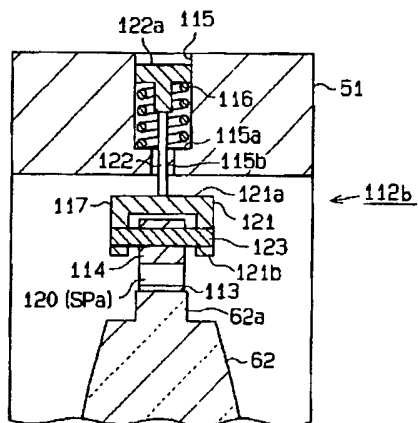
【図15】



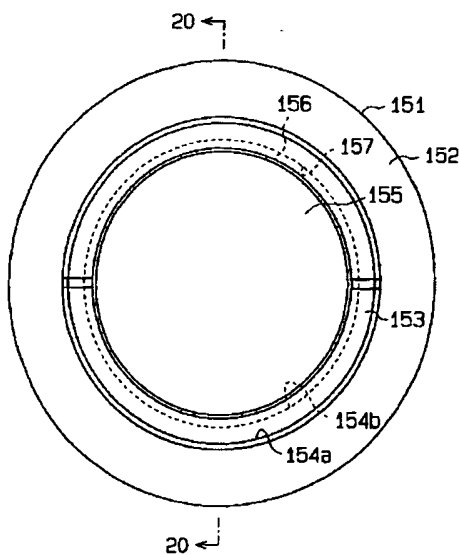
【図16】



【図18】



【図19】



【図20】

